

Zur Interaktion bzw. zu Ablösungen von Hartkorneinstreuungen vom Betonuntergrund bei monolithischen Platten

DI Dr. Roland Travnicek / SV Büro für Betontechnologie, Wien

DI Rene Stelzer / CEMEX / Baustofftechnik GmbH, Krieglach

Kurzfassung

Hartkorneinstreuungen¹ (HKE) stellen eine praktische und wirtschaftliche Oberflächenvergütung von monolithischen Betonplatten dar. Mechanisch gesehen kommt es durch unterschiedliche Materialeigenschaften zwischen HKE und dem Betonuntergrund zu Spannungsdifferenzen bzw. erhöhten Eigenstressungen. Diese können in Verbindung mit Extrem- bzw. Grenzbereichen der Rahmenbedingungen (Temperatur, Feuchtigkeit, Zeit/Dauer, Nachbehandlung, Luftgehalt und W/B-Wert Unterbeton) und der Wahl des HKE-Materials zum Überschreiten der Materialfestigkeit im Interaktionsraum der HKE und des Betonuntergrundes führen, was sich in Form von Rissen und/oder Ablösungen bzw. Hohllagen zeigt.

Die Eigenschaften von verschiedenen HKE-Materialien wurden untersucht um einen möglichen Zusammenhang zwischen Ablösungen und HKE Eigenschaften zu finden.

Die geprüften HKE weisen signifikante Unterschiede sowohl in der „Mörtelphase“ (Ansteife- bzw. Erstarrungsverhalten), der Festigkeitsentwicklung als auch in der Endfestigkeit auf. Vor allem Produkte mit integriertem Fließmittel unterscheiden sich deutlich von Produkten ohne Fließmittel. Die Wahl des falschen HKE-Materials kann in diesem Kontext wesentlich zu Ablösungen beitragen.

1. Zielsetzung

In Österreich werden grob geschätzt pro Jahr ca. 1 Mio m² monolithische Betonplatten für den Industriebodenbereich hergestellt und ein überwiegender Teil davon wird mit einer sogenannten Hartkorneinstreuung versehen. Mit [1] und [2] liegen dazu entsprechende Regelwerke vor.

HKE sind im Regelfall werksgemischte zementgebundene Trockenmischgute aus Hartstoffen nach [3]. Diese werden bei der Herstellung von monolithischen Betonplatten nach dem Einbau des Frischbetons auf dessen Oberfläche im Einstreuverfahren nach [5 - 8] aufgebracht und mittels Flügeln in den „grünen Beton“ (d.h. gerade begehbaren) eingearbeitet. Das zur Hydratation der HKE erforderliche Anmachwasser wird durch Aufsaugen von abgesondertem Wasser aus dem grünen Beton gewonnen.

Das Ergebnis ist eine glatte, weitestgehend staubfreie und verschleißfeste Betonoberfläche, deren Schichtdicke nach [2] mit 2-3 mm festgelegt ist. Diese Methodik der Hartkorneinstreuung hat sich seit Jahrzehnten in der Praxis erfolgreich bewährt.

Unter bestimmten Umständen kommt es nach einiger Zeit ca. 2-3 Monate im erhärteten Zustand bei derartigen HKE zu Hohllagen und Ablösungen. Der vorliegende Beitrag setzt sich zum Ziel sowohl die Interaktion Hartkorneinstreuung – Betonuntergrund als auch die Ursachen für Hohllagen und Ablösungen zu beschreiben. Normativ gilt gem. [2 und 4] das Aufbringen von HKE auf Betonuntergrün-

¹ In Deutschland sind die Begriffe Hartstoffeinstreuungen oder Hartstoffverschleißschicht geläufig.

den mit künstlich eingeführten Luftporen (zB Betonsorte B7) als unzulässig. Als Ursache dazu ist seit Langem das Anreichern von künstlichen Luftporen unmittelbar unter der Verschleißschicht bzw. HKE als kausal erkannt worden. Da aber bei Betonuntergründen, die ohne künstliche Luftporen hergestellt wurden, ähnliche Ablösungen gelegentlich auftraten, hat sich hier der Bedarf an entsprechenden weiterführenden Untersuchungen ergeben.

2. Herstellen von Betonoberflächen mit HKE

Im Regelfall werden HKE mittels Streuwagen bzw. manuell unter Einhaltung der gem. [2] vorgegebenen Dicke aufgebracht (siehe Abb. 1). Nach ca. 10-20 Minuten hat die HKE die für die Hydratation erforderliche Wassermenge (ca. 10% vom Feststoff) „aufgesaugt“ (Dunkelfärbung). Anschließend erfolgt die Einarbeitung der HKE mittels Abscheiben bzw. Flügelglätten in mehreren Arbeitsgängen in den Betonuntergrund (siehe Abb. 2). Dieses Verfahren dauert vom Einbau des Betons bis zur fertigen Oberfläche in der Regel zwischen 9-12 Stunden. Als Betonsorte hat sich gem. [2] in der Praxis ein C25/30 B2 bewährt. Konsistenz und Größtkorn werden vom jeweiligen Anwender auf die jeweiligen Gegebenheiten der Baupraxis abgestimmt.

3. Ursachen von Ablösungen

Die Ursachen für Ablösungen können nach dem jetzigen Stand des Wissens grundsätzlich auf drei Hauptursachen zurückgeführt werden:

- Eigenspannungen zufolge chemischem Schrumpfen, Temperatur und/oder zu raschem Austrocknen (siehe Abb. 3)
- Risse in der HKE mit Ablösungen im Rissbereich (siehe Abb. 4)
- Unterschiedliche Druckfestigkeiten in Abhängigkeit von der Bauteil- bzw. Plattendicke (siehe Abb. 5)

Wie bereits angeführt verkürzt sich die erhärtete HKE durch chemisches Schrumpfen und/oder zu rasches Austrocknen. Dadurch werden in den Betonuntergrund Druckspannungen eingebracht. In bestimmten Fällen wird die Druckfestigkeit überschritten (siehe Abb. 3). Die zweite Ursache von Ablösungen ist dadurch bedingt (siehe Abb. 4), dass durch Risse in der bereits erhärteten HKE ein ähnlicher Spannungszustand entsteht wie beim Ablösen eines Verbundestrichs vom Untergrund. Die dritte Ursache von Ablösungen können unterschiedliche Druckfestigkeiten in Abhängigkeit von der Bauteil- bzw. Plattendicke (siehe Abb. 5) sein.

Im nachfolgenden Pkt. 4 werden die Eigenschaften von HKE beschrieben. Vorweggenommen ist dazu anzuführen, dass bestimmte Eigenschaften von HKE zB relativ hohe Druckfestigkeiten im frühen Alter d.h. nach 24-48 Stunden die genannten kritischen Spannungszustände hervorrufen können.

4. Eigenschaften von HKE

4.1. Untersuchungsprogramm

In einem von den beiden Verfassern erstellten Untersuchungsprogramm wurden folgende Parameter von in der Praxis üblichen HKE-Materialien unterschiedlicher Hersteller untersucht :

- Aufsaugverhalten der trockenen HKE
- Erstarrungs- bzw. Ansteiferverhalten von HKE
- Erhärtungsverlauf / Druckfestigkeit von HKE in den ersten 48h
- Zementgehalt der HKE

Hinsichtlich des Verlaufes der Druckfestigkeit im Bereich von abgelösten / nicht abgelösten HKE liegen entsprechende Untersuchungen an Bauteilen bereits vor (siehe Abb. 5). Vergleichbare Erhärtungsverläufe von HKE in den ersten 48 Std. bei 20°C (siehe Abb. 8) unterschiedlicher Hersteller wurden nach einer eigens entwickelten Methode ermittelt.

4.2. Durchführung

Herstellung der Probekörper

Für die Herstellung der Prismen wurde das Mischverfahren nach [9] angewendet, wobei zuerst das Trockenmischgut und anschließend das Wasser vor dem Einschalten des Mixers zugegeben wurde. Vom Mörtel wurde das Ausbreitmaß geprüft. Die Herstellung und Lagerung der Mörtelprismen erfolgte gem. [9].

Bei der Festlegung des Wassergehalts wurde einerseits der in der Praxis vorhandene bzw. erforderliche und andererseits der zur Herstellung eines plastischen Mörtels notwendige Wassergehalt berücksichtigt. Um einen aussagekräftigen Vergleich zu erhalten, wurden der Wassergehalt bzw. der W/F-Wert² von HKE ohne integriertem Fließmittel sowie von HKE mit integriertem Fließmittel differenziert festgelegt. Aus den Ergebnissen mehrerer Vorversuche erwiesen sich W/F-Werte für HKE ohne Fließmittel von 0,12 und für HKE mit Fließmittel von 0,10 als geeignet.

Prüfung der Festigkeiten

An den Probekörper wurden die Druck- und Biegezugfestigkeiten inkl. Rohdichte nach 12h, 24h und 48h geprüft (siehe Abb. 8). Die 28d Festigkeiten wurden bereits bei Vorversuchen ermittelt.

² Der W/F-Wert ist definiert als das Verhältnis von Masse Wasser zur Masse Feststoff des Trockenmischgutes bzw. Trockenmörtels.

Prüfung der Erstarrungszeiten

Die Erstarrungszeit wurde gem. [10] mit dem Vicat-Gerät bestimmt (siehe Abb. 7). Der W/F-Wert wurde abweichend zur Normensteife gleich wie bei der Mörtelherstellung festgelegt.

Prüfung des Aufsaugverhaltens / der Wasseraufnahme

Die Wasseraufnahme der HKE wurde mit einem eigens entwickeltem Verfahren ermittelt. Dieses Verfahren hat die Prüfung des Blutens von Beton gem. [11] als Grundlage. Bei diesem wird die Wasseraufnahme der HKE auf einer im Ansteifen befindlichen Betonoberfläche untersucht. Die Betonsorte C25/30 B2 F52 GK22 wurde in einen Bluttopf gem. [11] gefüllt und vollständig verdichtet. Nach Beendigung der Wasserabsonderung ca. 300-360min nach der Wasserzugabe (d.h. kein freies Wasser ist mehr an der Oberfläche vorhanden), wurden 4kg/m² (196g je Prüffläche) HKE aufgebracht (siehe Abb. 6). Die Aufsaugzeit betrug 15min. Danach wurde die HKE mit einer Glättkelle eingearbeitet bis sich eine geschlossene Mörtelschicht mit steifer Konsistenz bildete. Anschließend wurde die ca. 2-3mm dicke HKE-Schicht vom Betonuntergrund abgehoben und der Wassergehalt an der Probe (ca. 200g je Prüffläche) bestimmt.

Zementgehalt

Der Zementgehalt wurde an einigen bereits im Bauteil eingebauten HKE in erster Näherung über den SO₃-Gehalt ermittelt.

4.3 Prüfergebnisse

Wasseraufnahme und Zementgehalt

Der Zementgehalt lag nach den ersten Ergebnissen im Bereich von ca. 0,80 g/cm³ bezogen auf die erhärtete HKE. Die Wasseraufnahme lag bezogen auf die Trockenmasse bei allen geprüften HKE bei ca. 9-10%.

Erstarrungszeiten

Die Erstarrungszeiten streuten stark, wobei zwischen HKE ohne und HKE mit integriertem Fließmittel eindeutig unterschieden werden kann (siehe Abb. 7). Kurze Erstarrungszeiten wurden auf Fließmittel mit sehr kurzer Wirksamkeit (bis ca. 20-50min nach Wasserzugabe) zurückgeführt. Nach dem Ende der Wirksamkeit der Fließmittel, entsteht durch den niedrigeren W/F-Wert ein sehr rasch steifer werdender Mörtel.

Im Vergleich zu einem Untergrund aus C25/30 B2 ist sowohl der Erstarrungsbeginn, als auch das Erstarrungsende wesentlich früher. Dies wird durch einen wesentlich höheren Zementgehalt und umgerechnet niedrigeren W/B-Wert bestätigt.

Druckfestigkeitsentwicklung

Der Druckfestigkeitsverlauf der geprüften HKE weist signifikante Unterschiede auf (siehe Abb. 8). Generell kann man bei der Festigkeitsentwicklung 3 Klassen unterscheiden: *langsam* (<25 N/mm² nach 48h), *mittel* (25-60N/mm² nach 48h) und *schnell* (>60 N/mm² nach 48h).

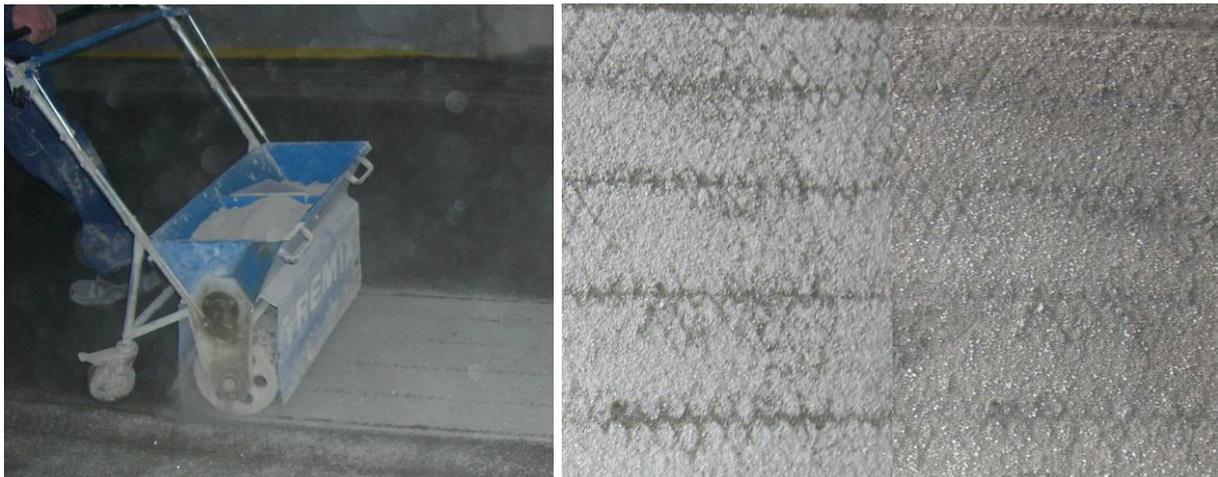
Der Festigkeitsverlauf der Klasse *langsam* entspricht in etwa dem Betonuntergrund (C25/30 B2), der Klasse *mittel* etwa einem C80/95 und der Klasse *schnell* mind. einem C100/115.

Nach 28 Tagen erreichen alle, bis auf die Materialien der Klasse *langsam*, eine ähnliche Druckfestigkeit von $\geq 80 \text{ N/mm}^2$. Die Endfestigkeiten decken sich mit den Erkenntnissen nach [12].

5. Schlussfolgerungen

Die aus diesem Untersuchungsprogramm erzielten Erkenntnisse und die mechanische Betrachtung der Interaktion von HKE und Betonuntergrund können zu folgenden Empfehlungen abgeleitet werden:

- HKE können hinsichtlich der Festigkeitsentwicklung in 3 Klassen unterteilt werden.
- Die Wahl der HKE sollte hinsichtlich ihrer Eigenschaften auf den Betonuntergrund und die äußeren Rahmenbedingungen abgestimmt werden.
- Zur Minimierung von Spannungsdifferenzen und damit der Gefahr von Ablösungen und Hohl-lagen sollte eine HKE mit langsamer Festigkeitsentwicklung (ähnlich der des Betonuntergrundes) bevorzugt werden.



Zeitpunkt 14:37

Zeitpunkt 14:46

Abb.1: Aufbringen der HKE mittels Streuwagen



Abb. 2 Flügelglätten der Betonoberflächen nach Aufbringen der HKE

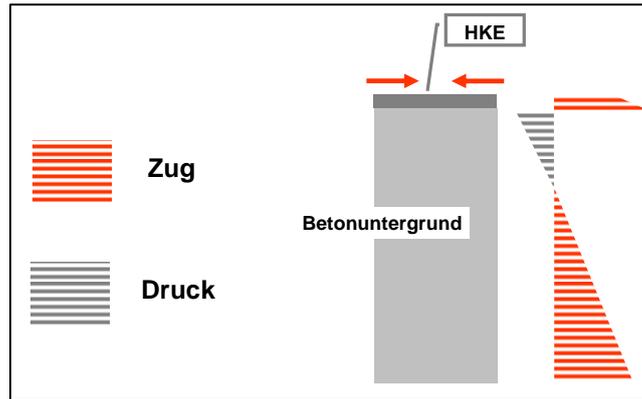


Abb. 3: Spannungsverteilung zufolge chemischen Schrumpfens und/oder Austrocknen

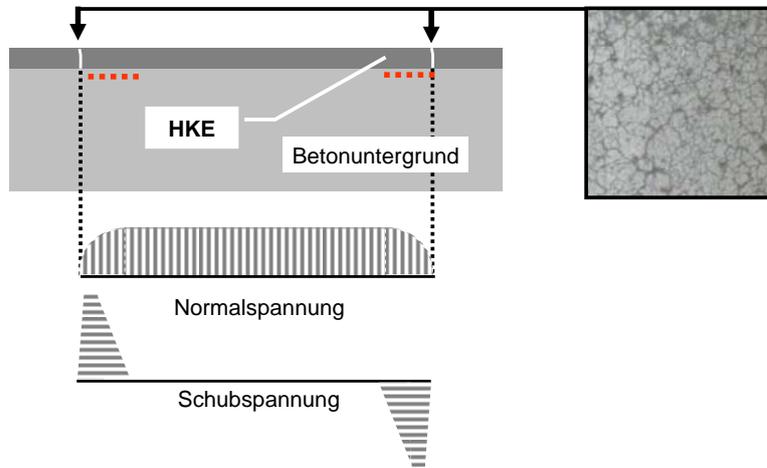


Abb. 4: Spannungsverteilung zufolge „Anrisse“ in der HKE

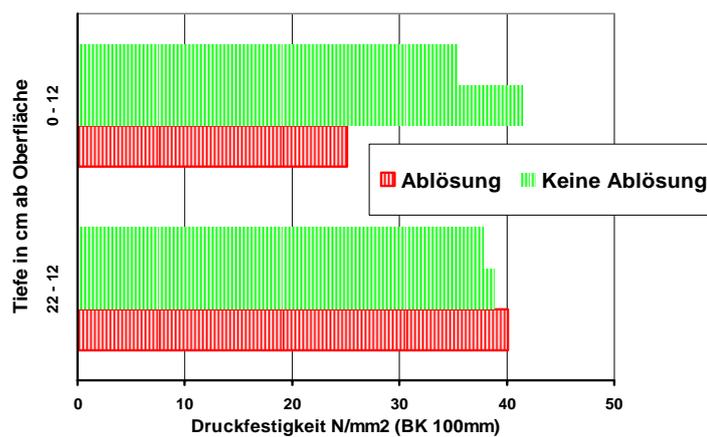


Abb. 5: Vergleich der Druckfestigkeiten unter der HKE in Abhängigkeit von der Plattendicke



Abb. 6: Wasseraufnahme/Aufsaugverhalten der HKE im Bluttopf vor und nach der Einstreuung

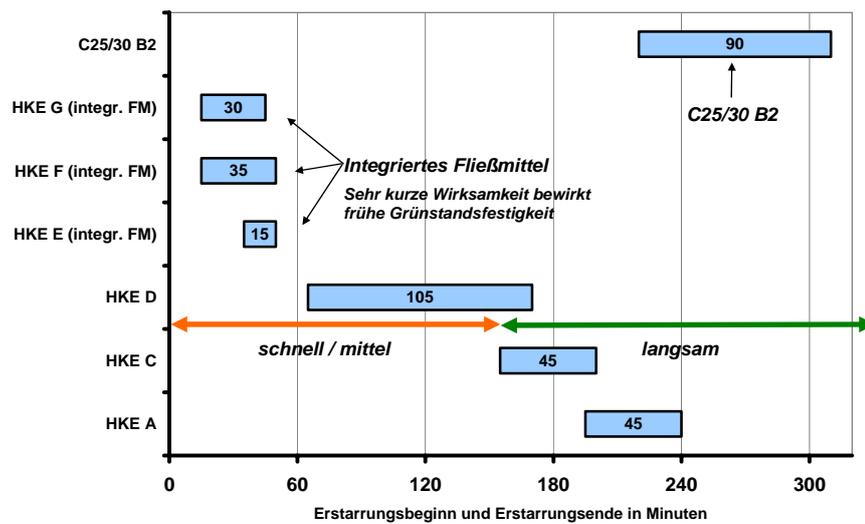


Abb. 7: Erstarrungsbeginn, Erstarrungsende unterschiedlicher HKE-Materialien

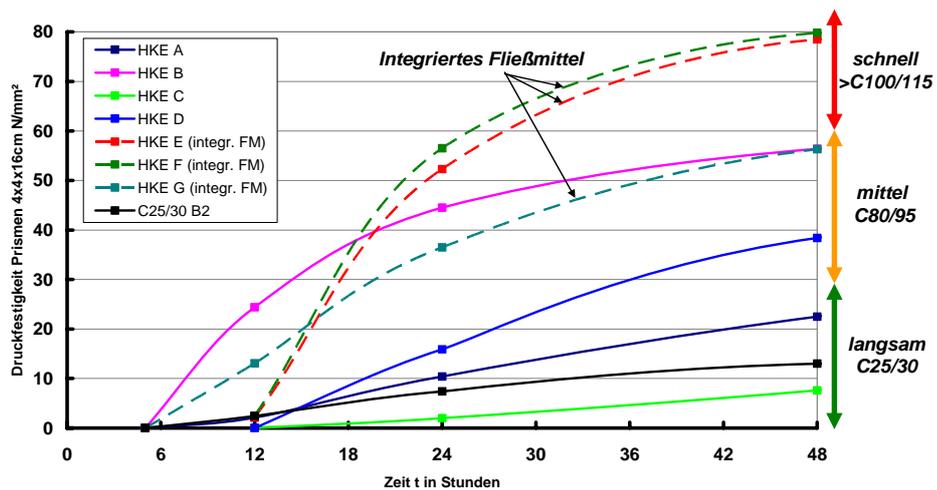


Abb. 8: Erhärtungsverlauf unterschiedlicher HKE-Materialien in den ersten 48 Std. bei 20°C im Vergleich zu Beton C 25/30 B2

Literatur

- [1] ON B 2211: Beton-, Stahl- und Spannbetonarbeiten – Werkvertragsnorm
- [2] Merkblatt ÖVBB / Fassung Sept. 2008: Herstellung von faserbewehrten monolithischen Betonplatten
- [3] DIN 1100:2004: Hartstoffe für zementgebundene Hartstoffestriche
- [4] ON B 4710-1: Beton, Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis
- [5] British Cement Association: Specifying concrete to BS EN 206-1/BS 8500, Concrete for industrial floors / Oct. 2000 Reprint Oct. 2004
- [6] Suprenant, B.A.; Malisch, W.R.: Beware of troweling air-entrained concrete floors
Concrete Construction 3/1999
- [7] The New Zealand Ready Mixed Concrete Association, Cement and Concrete Association of New Zealand: Surface delamination in slab on ground construction ISBN 171-4204
- [8] Holcim (Baden-Württemberg) GmbH: Leitfaden für Glättbetone, Auflage 2007
- [9] ON EN 196-1: Prüfverfahren für Zement, Teil 1: Bestimmung der Festigkeit
- [10] ON EN 196-3: Prüfverfahren für Zement, Teil 3: Bestimmung der Erstarrungszeiten und Raumbeständigkeit
- [11] ON B3303: Betonprüfung, Pkt. 6.7 Bluten von Beton
- [12] Deix, K.: Hartkorneinstreuungen für Industrieböden, TAE Esslingen Industrieböden Kolloquium 1999

Verfasser:

DI Dr. Roland Travnicek
SV Büro für Betontechnologie
Khekgasse 17/19
A - 1230 Wien
roland.travnicek@tmo.at

DI Rene Stelzer
CEMEX / Baustofftechnik GmbH
Schwöbing 26
A - 8670 Krieglach
rene.stelzer@cemex.com